



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRARIAS  
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL**

HENRIQUE MEDEIROS DE SOUZA

UTILIZAÇÃO DE MODELO DIGITAL DE TERRENO GERADO  
ATRÁVES DE DRONE PARA GERAÇÃO DE VOLUMES DE  
ÁGUA EM AÇUDE RURAL SECO

AREIA – PB  
2018

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S729u Souza, Henrique Medeiros de.

UTILIZAÇÃO DE MODELO DIGITAL DE TERRENO GERADO ATRÁVES  
DE DRONE PARA GERAÇÃO DE VOLUMES DE ÁGUA EM AÇUDE RURAL  
SECO / Henrique Medeiros de Souza. - João Pessoa, 2019.  
35 f. : il.

Orientação: Guttemberg da Silva Silvino.  
Monografia (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Topografia. 2. Geotecnologias. 3. Agricultura de  
precisão. I. Silvino, Guttemberg da Silva. II. Título.

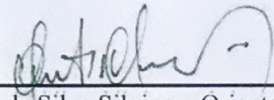
UFPB/CCA-AREIA

HENRIQUE MEDEIROS DE SOUZA

UTILIZAÇÃO DE MODELO DIGITAL DE TERRENO GERADO ATRÁVES DE  
DRONE PARA GERAÇÃO DE VOLUMES DE ÁGUA EM AÇUDE RURAL SECO

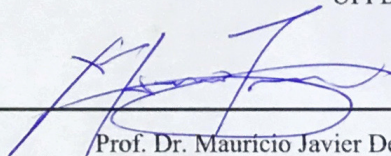
MONOGRAFIA APROVADA EM: 04 / DEZEMBRO / 2018

BANCA EXAMINADORA



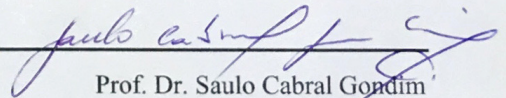
Prof. Dr. Guttemberg da Silva Silvino – Orientador

UFPB/CCA



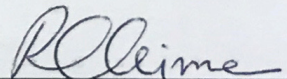
Prof. Dr. Maurício Javier De Leon

UFPB/CCA



Prof. Dr. Saulo Cabral Gondim

UFPB/CCA



Dr. Ricardo da Cunha Correia Lima

INSA

Dedico esse trabalho, primeiramente a Deus, por nortear minha vida. Estendo a dedicatória aos meus pais, Cicero de Souza Neto e Katia Maria Medeiros de Souza, meus primeiros e melhores professores.

## AGRADECIMENTOS

“Agradecer é admitir que houve um momento em que se precisou de alguém; é reconhecer que o homem jamais poderá lograr para si o dom de ser autossuficiente. Ninguém e nada cresce sozinho; é sempre preciso um olhar de apoio, uma palavra de incentivo, um gesto de compreensão, uma atitude de amor.” (Autor desconhecido)

Agradeço sempre em primeiro lugar a DEUS, por tudo em minha vida, mesmo em momentos difíceis.

A meus pais por sempre está ao meu lado, me apoiando e por todo ensinamento para o que eu sou hoje.

A minha irmã, por me entender e estar sempre ajudar nos momentos precisos.

A GEYSIANE BARROS DE NASCIMENTO, minha noiva pela **paciência** e dedicação de sempre me apoiar em tudo.

A todos os familiares, que sempre acreditou e me motivou a estar aqui.

Ao corpo docente que compõe o curso de agronomia, especialmente ao departamento de solos que durante esse tempo transferiram seus conhecimentos valiosos.

A turma 2014.2, que por esse tempo contribuiu de forma direta para minha formação acadêmica, profissional e pessoal;

A Gutemberg da Silva Silvino, que contribuiu e contribui para realização desse trabalho e da minha formação acadêmica.

A Maria Cristina, por todo seu empenho para todo o desenvolvimento desse trabalho.

Ao Instituto Nacional do Semiárido, pela oportunidade e contribuição para a realização do trabalho.

A Ticiano, pela disponibilidade e colaboração da construção desse trabalho.

Aos meus amigos que nas horas difíceis estavam sempre presentes.

Por fim, agradeço a quem está e estará em meu coração que aqui não citados, pois minha gratidão será eterna.

## Lista de figuras

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1</b> – Estação Total Robótica Série GT da Topcon (MundoGEO, 2016) .....  | 17 |
| <b>Figura 2</b> – Mapa de localização da área de Estudo.....  | 21 |
| <b>Figura 3</b> – DRONE modelo Phantom 4.....   | 22 |
| <b>Figura 4</b> – Fluxograma da metodologia empregada para aquisição, processamento e avaliação dos dados obtidos pelo DRONE. Fonte: Adaptado de Silva et al. (2015)..... | 23 |
| <b>Figura 5</b> – marcação dos pontos de apoio.....   | 24 |
| <b>Figura 6</b> . Identificação de pontos de controle.....  | 27 |
| <b>Figura 7</b> - Mapa de sobreposição de imagens no voo de 120m.....   | 28 |
| <b>Figura 8</b> – Modelo Digital do Terreno (MDT) gerado com voo de 120m de altitude.   | 29 |
| <b>Figura 9</b> – Ortomosaico gerado após voo de 120m de altitude. ....   | 29 |
| <b>Figura 10</b> - Mapa de sobreposição de imagens no voo de 100m.....  | 30 |
| <b>Figura 11</b> – Modelo Digital do Terreno (MDT) gerado com voo de 100m de altitude. ....   | 31 |
| <b>Figura 12</b> – Ortomosaico gerado após voo de 100m de altitude. ....  | 31 |
| <b>Figura 13</b> - Mapa de sobreposição de imagens no voo de 100m 3D.....   | 33 |
| <b>Figura 14</b> – Modelo Digital do terreno gerado com voo de 100m 3D. ....  | 33 |
| <b>Figura 15</b> – Ortomosaico gerado com voo de 100m 3D.....   | 34 |

## **Lista de tabelas**

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 1.</b> Parâmetros de missão de voo para as altitudes adotadas. ....     | 24 |
| <b>Tabela 2.</b> Tabela com coordenadas dos pontos de apoio. ....                 | 25 |
| <b>Tabela 3</b> - Erros de posição para as altitudes 100 e 120m. ....             | 27 |
| <b>Tabela 4</b> - Resultados obtidos no voo de 120m de altitude. ....             | 30 |
| <b>Tabela 5</b> - Resultados obtidos no voo de 100 m de altitude. ....            | 31 |
| <b>Tabela 6</b> - Erros do novo voo de 100m 3D. ....                              | 32 |
| <b>Tabela 7</b> - resultados obtidos com novo voo de 100m 3D. ....                | 34 |
| <b>Tabela 8</b> - Análise comparativa da cota, área e volume do açude Preto. .... | 35 |

## **Lista de siglas**

VANT – Veículo Aéreo Não Tripulado

GPS – Global Positioning System;

SIG – Sistema de Informação Geográfica;

GNSS - Global Navigation Satellite Systems;

MDT – Modelo Digital do Terreno;

MDS – Modelo Digital de Superfície;

INSA – Instituto Nacional do Semiárido;

ANAC – Agencia Nacional de Aviação Civil;

CTA – Centro Técnico Aeroespacial;

APP – Área de Preservação Permanente;

ARARA – Aeronave de Reconhecimento Autônoma e Remotamente Assistida;

RTK – REAL TIME KINEMATIC;



## RESUMO

A utilização de VANT na agricultura de precisão tem crescido nos últimos anos, principalmente em trabalhos topográficos. Com modelo digital do terreno gerados através de imagens obtidas dos VANTS, pode ser realizado cálculos de volumes, uma vez que a eficiência desses trabalhos deve ser avaliada. Com isso o presente estudo teve como objetivo realizar análise comparativa entre o VANT com a Estação Total e o sistema GNSS RTK, na geração da tabela Cota x Área x Volume de um açude rural seco, a partir do Modelo Digital do Terreno - MDT. A pesquisa foi realizada na fazenda da estação experimental do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, no município de Campina Grande – PB. A coleta de dados foi realizada com a obtenção de imagens e georreferenciamento de pontos de apoio, para o processamento no software Agisoft Photoscan. Foram gerados os MDT como também os ortomosaicos, que a partir deles foram mensurados os volumes do açude. Foram avaliadas diferentes metodologias para a realização do trabalho, com realização de coletas de 100 e 120 metros de altitude. O produto gerado mostrou eficaz no resultado final, onde apresentou uma pequena divergência em relação a Estação Total e o Sistema GNSS. Portanto, observou-se que a utilização de VANTS destaca-se em relação aos demais equipamentos, pois além de diminuir o tempo e custos para aquisição do produto final, pode-se não apenas calcular o volume de reservatórios pré-existentes, mas também utilizar o MDT para planejamento de novos reservatórios.

**Palavras-chave:** topografia, geotecnologias, agricultura de precisão.

## **ABSTRACT**

The use of UAVs in precision agriculture has grown in recent years, especially in topographic work. With digital terrain models generated by VANTS images, volume calculations can be performed, since the efficiency of these works must be evaluated. Thus, the present study aimed to perform a comparative analysis between the UAV with the Total Station and the GNSS RTK system, in the generation of the Quota x Area x Volume table of a dry rural dam, using the Digital Terrain Model - MDT. The research was carried out at the experimental station farm of the National Institute of Semi - arid - INSA, in the city of Campina Grande - PB. Data collection was performed by obtaining images and georeferencing of support points for processing in Agisoft Photoscan software. The MDTs as well as the orthomosaics were generated, which from them were measured the reservoir volumes. Different methodologies for the work were evaluated, with collections of 100 and 120 meters altitude. The generated product was effective in the final result, where it presented a slight divergence from Total Station and GNSS System. Therefore, it was observed that the use of UAVs stands out in relation to the other equipment, because besides reducing the time and costs for the final product acquisition, it is possible not only to calculate the volume of pre-existing reservoirs, but also to use MDT for planning new reservoirs.

Keywords: topography, geotechnologies, precision agriculture.

## SUMÁRIO

|   |     |
|---|-----|
| Lista de figuras .....  | iii |
| Lista de tabelas .....  | iv  |
| Lista de siglas .....   | v   |
| RESUMO .....  | vi  |
| ABSTRACT .....  | vii |
| 1. Introdução .....   | 13  |
| 2. Objetivo .....   | 15  |
| 2.1. Geral .....  | 15  |
| 2.2. Específicos .....  | 15  |
| 3. Revisão de literatura .....                                      | 16  |
| 3.1. Estação Total .....  | 16  |
| 3.2 Receptores GPS/GNSS .....                                       | 17  |
| 3.3 Veículos aéreos não tripulados .....                            | 18  |
| 4. Materiais e Métodos .....  | 21  |
| 4.1. Área de estudo .....   | 21  |
| 4.2. Materiais .....  | 21  |
| 4.2.1. Aeronave .....   | 21  |
| 4.2.2. GPS .....  | 22  |
| 4.2.3. Softwares .....  | 22  |
| 4.3. Métodos .....  | 22  |
| 4.3.1. Voos .....   | 22  |
| 4.3.2. Planejamento das missões .....                               | 23  |
| 4.3.3. Metodologia empregada na coleta de dados em Campo .....      | 24  |
| 4.3.3.1. Pontos de apoio .....                                      | 24  |
| 4.3.4. Metodologia empregada no tratamento dos dados de campo ..... | 25  |
| 4.3.5. Cálculo do volume do reservatório .....                      | 26  |
| 5. Resultados .....   | 27  |

|      |                                    |    |
|------|------------------------------------|----|
| 5.1. | Análise do levantamento .....      | 27 |
| 5.2. | Estimativa do volume de água ..... | 27 |
| 5.3. | Comparação de volume de água ..... | 34 |
| 6.   | Conclusão .....                    | 36 |
| 7.   | Referências .....                  | 37 |

## 1. Introdução

Com o avanço da tecnologia surgem novos equipamentos que proporcionam menor tempo de execução, aliado com maior precisão na execução de levantamentos topográficos, Levantamentos planialtimétricos topográficos ou geodésicos - quer seja nas áreas de irrigação e drenagem, execução de barragens, sistemas de abastecimento de água e esgoto sanitário ou área civil - são fundamentais, tendo em vista que todo o projeto necessita de uma planta topográfica (SILVEIRA, 2000).

Nas últimas décadas, a área da mensuração (topografia, geodésia, etc.) sofreu modificações importantes. Na topografia, os teodolitos mecânicos foram substituídos pelos teodolitos eletrônicos, surgiram os medidores eletrônicos de distância (distanciômetros), os quais, recentemente, foram incorporados aos teodolitos eletrônicos formando as Estações Totais (Total Station); os níveis mecânicos estão sendo substituídos pelos níveis digitais e níveis a laser (GRANDO et al., 2014).

Um grande avanço nesta área, entretanto, ocorreu com o aparecimento do sistema de medições por satélites – GPS, que vem revolucionando a área de levantamentos, embora outros sistemas, como o GLONASS e o GALILEO também fazem parte dos avanços na área. Paralelamente ao desenvolvimento de novos instrumentos, o aparecimento de programas aplicativos de topografia e geodésia, do Sistema de Informação Geográfica (SIG) e da Modelagem Digital de Terreno, vêm estabelecendo nova conduta na coleta, no tratamento dos dados e na apresentação dos resultados (CORSEUIL & ROBAINA (2003).

A estação total é utilizada para realização das medições, onde é necessário realizar uma visualização entre os pontos ou criar uma amarração entre os mesmos (GRANDO et al., 2014). Este aparelho permite fazer leituras de distâncias e ângulos a partir do deslocamento do feixe de luz, que atinge um prisma e é refletido de volta ao aparelho, tendo este um computador interno que armazena todas as informações geradas no campo (SILVA et al., 2009).

O GPS geodésico não necessita da visualização entre os pontos, pois se orienta por sinais de satélites. É um aparelho com tecnologia avançada muito utilizado na atualidade apresentando uma precisão excepcional, além das funções que facilitam o trabalho do dia a dia dos técnicos. O sistema de posicionamento global (GPS ou Global Positioning System) é um sistema que permite a localização de um ponto com exatidão na superfície terrestre (GRANDO et al., 2014).

No entanto, o avanço mais recente nesta área e pode-se dizer que é mais uma quebra de paradigma na topografia foi o advento dos veículos Aéreos Não-Tripulados (VANTs) ou Drones, os quais possibilita a realização de levantamentos em um menor período de tempo, assim permitindo diversos estudos de uma mesma área, podendo ser usado em coleta de informações no monitoramento de áreas com frequente degradação ambiental, agricultura de precisão, monitoramento de floresta, cadastro imobiliários, mineração e outros diversos fins que necessita de uma menor resolução temporal e espacial (SANTOS, 2016).

Os produtos gerados por VANT dependem do sensor embarcado, sendo os principais vídeos, Modelos Digitais de Superfície (MDS), Modelos Digitais do Terreno (MDT) e ortomosaicos de alta acurácia (SILVA, 2015). Em sua pesquisa, Vitti et al (2016), avaliaram a aplicação de imagens de alta resolução adquiridas com VANT para construção do modelo digital do terreno (MDT), e consequentemente, calcular o volume das áreas adjacentes às represas de água geralmente limitada por uma linha imaginária correspondente a cota de desapropriação (nível máximo maximorum), concluindo que os resultados foram satisfatórios e indicam o grande potencial de aplicação de imagens de alta resolução para mapear reservatórios.

Até o momento não foram publicados papers que utilizam o MDT obtido por VANTs para cálculo de volume de reservatórios. Dentro dessa linha de raciocínio, o presente trabalho procura oferecer sua contribuição, notadamente no que tange à possibilidade do uso de DRONES na coleta de dados para fins de obtenção dados altimétricos para cálculos de volumes em açude rural seco. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é realizar análise comparativa entre Estação Total, Sistema GNSS e Drones na coleta dados para estimativa de volumes do açude Preto da Fazenda Experimental do Instituto Nacional do Semiárido – INSA, bem como utilização de software para processamento dos resultados.

## **2. Objetivo**

### **2.1. Geral**

Realizar análise comparativa entre Estação Total, Sistema GNSS e Drones na coleta dados para estimativa de volumes do açude Preto, inserido na Fazenda Experimental do Instituto Nacional do Semiárido – INSA, bem como utilização de software para processamento dos resultados.

### **2.2. Específicos**

- Obtenção do Modelo Digital do Terreno gerado através do Drone;
- Calcular o volume através do software de processamento das imagens;
- Realizar análise comparativa entre dados da Estação Total e o GNSS de precisão

### **3. Revisão de literatura**

#### **3.1. Estação Total**

Conforme Grando, Land e Rhoden (2014) para realizar a determinação das dimensões e contorno de uma determinada área existem vários aparelhos, entre eles a Estação Total e o GPS de precisão, os quais tem uma diferença nos princípios de funcionamento. No primeiro método, para realizar as medições é necessário realizar uma visualização entre os pontos ou criar uma amarração entre os mesmos, já no segundo ocorre a orientação apenas por sinais de satélites.

De acordo com McCormac (2015) mesmo o uso de GPS para fins de levantamento esteja se tornando mais comum a cada ano, a Estação Total ainda é usada com frequência.

Segundo Silva e Segantine (2015) a primeira grande evolução ocorreu a partir dos instrumentos com capacidade para medição eletrônica de distância, os distanciômetros. Eles eram acoplados na luneta do teodolito permitindo assim que as medições angulares e as medições de distâncias fossem feitas quase simultaneamente. Na década de 80, o distanciômetro foi inserido no interior da luneta do teodolito, formando um conjunto único para as medições angulares e de distâncias. Este novo instrumento, chamado de Estação Total, passou a gravar os dados medidos em campo, associados com os atributos da estação e dos pontos medidos, numa memória interna do instrumento ou numa coletora de dados externa. Na mesma época, os programas de computadores foram aprimorados e passaram a receber os dados coletados em campo, descarregados diretamente da estação total.

Para Borges (2013) a Estação Total é um complemento do teodolito eletrônico, pois além de fornecer as leituras dos círculos horizontal e vertical, também lê a distância direta, já que é também um distanciômetro.

Silva e Segantine (2015) afirmam ainda que com essa nova tecnologia as medições em campo passaram a ser mais estruturadas e muito mais rápidas se comparadas aos métodos anteriores. McCormac (2015) também relata que com as Estações Totais o topógrafo pode executar as tarefas que ele realizava com teodolito de forma melhor e mais rápida

Os ângulos horizontais e verticais e as distâncias inclinadas são automaticamente lidos com esses instrumentos e o microprocessador instantaneamente calcula as componentes horizontais e verticais da distância inclinada, assim como as cotas e as coordenadas dos pontos



visados. Os valores são fornecidos em mostradores de cristal líquido e podem ser armazenados no microprocessador ou transferidos para coletores de dados externos. Para utilização desse equipamento é necessário um tripé para ser posicionado no campo, um prisma (refletor de sinais) e um bastão para ser posicionado no ponto a ser medido (GRANDO et al, 2014).

Portanto, a Estação Total (Figura 1) é um aparelho eletrônico que permite fazer leituras de distâncias e ângulos a partir do deslocamento do feixe de luz, que atinge um prisma e é refletido de volta ao aparelho, tendo este um computador interno que armazena as informações de campo (SILVA et al., 2009), em seguida os dados devem ser descarregados em um computador e realizar o pós processamento dos dados com o uso de ferramentas de geotecnologias.



**Figura 1** – Estação Total Robótica Série GT da Topcon (MundoGEO, 2016)

### **3.2 Receptores GPS/GNSS**

O GPS geodésico é um aparelho que capta por uma antena os sinais emitidos por satélites e os transforma em coordenadas, obtendo-se em tempo real a posição exata de alguma entidade, seja ela homem, veículo, navio, míssil, árvore, vértice, etc., tendo uma precisão de centímetros e até milímetros em condições satisfatórias (SILVA et al, 2009). Em geral, os receptores GPS consistem dos mesmos conjuntos de funções, mesmo que suas implementações sejam distintas em diferentes tipos e marcas de receptores (TAYLOR e FRANCIS, 2002).

A antena do receptor GPS é o elemento responsável pela detecção das ondas eletromagnéticas vindas dos satélites, podendo ser considerada um sensor que traduz o sinal do

satélite incidente em informações de amplitude e fase. Conforme TRANQUILLA et al. (1989, p. 356), a antena GPS converte a energia da onda em corrente elétrica, amplifica a força do sinal e disponibiliza os sinais ao processador do receptor.

Uma antena GPS deve ser capaz de rejeitar sinais que estão fora da banda de operação do GPS. Assim, o amplificador deve conter filtros distintos para cada frequência L1 e L2. Uma antena amplificada pode conduzir a um aumento de precisão ao permitir o rastreamento da quantidade máxima de satélites do horizonte, e pode ajudar a contornar os problemas de perdas de sinal devido ao movimento do veículo em levantamentos cinemáticos ou perdas de sinal sob vegetação densa (CAMPOS, 2018).

Roque et al (2006), classifica os receptores GPS quanto ao tipo de dados recebidos da seguinte forma:

- Receptores de Código C/A – mais comumente chamados de receptores de navegação, possuem precisão de posicionamento da ordem de 18 m;
- Receptores L1 – utilizados em georreferenciamento para determinação das coordenadas dos vértices das propriedades e, através de técnicas específicas, transporte de coordenadas; possui precisão absoluta da ordem de 18 m, e, quando utilizado em método relativo, sua precisão pode chegar na ordem do centímetro;
- Receptores L1 e Código C/A – mesma aplicação que os equipamentos anteriores;
- Receptores L1 e L2 – São mais precisos, por utilizarem o sinal das duas portadoras, e, conforme o tempo de rastreamento podem chegar a precisões da ordem do milímetro. Utilizados em georreferenciamento principalmente para transporte de coordenadas;
- Receptores L1 e L2 mais o código C/A;
- Receptores L1 e L2 mais os códigos C/A e P – utilizados por usuários autorizados, possibilitam a determinação absoluta de coordenadas precisas.

### **3.3 Veículos aéreos não tripulados**

Segundo a ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) a definição de VANT, é uma aeronave controlada sem que o piloto não esteja a bordo (IS nº 21-002 ANAC).

No Brasil o primeiro projeto de VANT ocorreu na década de 80, desenvolvido pelo Centro Técnico Aeroespacial (CTA), um VANT de asa fixa com propulsor a turbina, para fins militares com os objetivos de reconhecimento, ataque e alvo aéreo. Porém, o referido protótipo

jamais decolou por falta de financiamento e interesse, consequentemente, o projeto foi abandonado. Atualmente, encontra-se exposto no Museu da TAM na cidade de São Carlos, SP (MUNARETTO, 2015).

A partir do ano 2000, os veículos não tripulados começaram a ganhar o mercado civil, no Brasil surgiu o Projeto ARARA – Aeronave de Reconhecimento Autônoma e Remotamente Assistida, um desenvolvimento parceiro do Instituto de Ciências Matemáticas e Computação da Universidade de São Paulo (ICMC-USP) e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), com foco na agricultura de precisão dando origem ao primeiro veículo aéreo não tripulado de asa fixa com tecnologia totalmente brasileira (LONGHITANO, 2010).

No Brasil, equipados com câmeras e sistema de posicionamento global (GPS), os VANTs estão sendo empregados para monitoramento do campo de produção no setor da agricultura, na semeadura, na pulverização de inseticidas, na verificação de crescimento e saúde de plantas, no mapeamento, sobrevoando grandes áreas plantadas, capturando imagens e coletando dados a um custo baixo, podendo ser utilizados em diversas culturas inclusive na proteção ambiental, por exemplo, na preservação das Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal, e até mesmo no monitoramento de fenômenos ambientais, como em grandes alagamentos, manchas de poluição, avalanches, terremotos, na pesquisa climática e bombardeamento de nuvens, no deslizamento de encostas, também podem ser aplicados no monitoramento de linhas de transmissão de energia, fronteira, oleodutos, rodovias, ferrovias, litoral e rios (MUNARETTO, 2015).

Além dessas utilizações a sobreposições de imagens do DRONE, utilizando-se o princípio da estereoscopia, possibilita modelar o terreno em 3D (3 dimensões), consequentemente pode ser utilizado para cálculos de profundidade de reservatórios, como exemplo, os açudes rurais.

Segundo Lourenço (2017), a estereoscopia corresponde a capacidade humana de detectar alterações nos ângulos paraláticos e determinar assim diferenças em profundidade, ver aquilo que o rodeia a três dimensões (3D), sendo que a profundidade é dada pela diferença de ângulos com que as imagens são percebidas. Ou seja, a terceira dimensão ou percepção de profundidade, resulta do facto de se captarem imagens do mesmo objeto, simultaneamente de dois ângulos diferentes.

Observando uma imagem simultaneamente obtém-se uma visão 3D das mesmas, e quando observada cada por cada um dos olhos do observador separadamente, geram paralaxe estereoscópica que transmite a noção de profundidade entre pontos de observação e

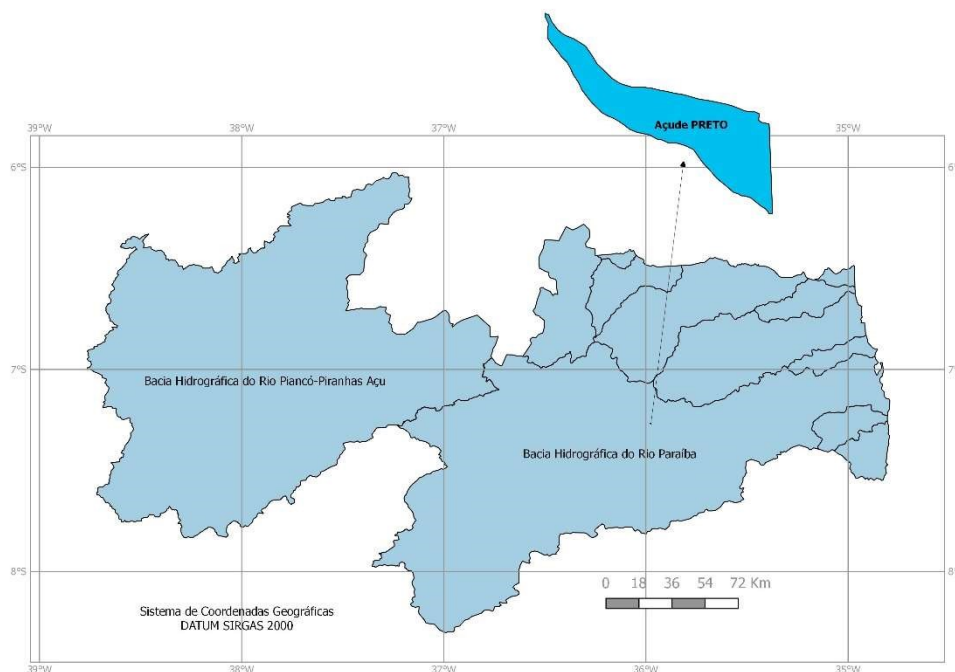
proporciona a percepção das três dimensões do terreno (relevo), permitindo deste modo realizar medições rigorosas.

Desta forma a utilização de câmeras RGB acopladas a DRONE, corresponde a uma alternativa de baixo custo para o mapeamento e modelagem 3D, por meio de uma nuvem de pontos produzidas pelo processamento estereoscópico das ortofotos obtidas durante o voo. (FIGUEIREDO et al., 2016).

## 4. Materiais e Métodos

### 4.1. Área de estudo

O trabalho foi realizado em um açude rural localizado na Fazenda Experimental do Instituto Nacional do Semiárido (INSA), sob coordenadas geográficas Latitude Sul 07°16'9.28" e Longitude Oeste 35°58'29.03", no município de Campina Grande, Estado da Paraíba. A Fazenda Experimental (Figura 2) possui área de 600,00 hectares, relevo levemente ondulado, sendo o uso atual constituído por reserva legal, reserva permanente de caatinga hiperxerófila e vários experimentos.



**Figura 2** – Mapa de localização da área de Estudo.

## 4.2. Materiais

### 4.2.1. Aeronave

O VANT (DRONE) utilizado foi do fabricante DJI modelo Phantom 4 (figura 3), equipado com sistema de posicionamento de por satélite GPS / GLONASS, com uma faixa de precisão vertical  $\pm 0,1$  m (com posicionamento de visão),  $\pm 0,5$  m (com posicionamento GPS), horizontal  $\pm 0,3$  m (com posicionamento de visão),  $\pm 1,5$  m (com posicionamento GPS), e câmera com sensor CMOS de 1 / 2,3" de 12,4 M Pixels.



**Figura 3** – DRONE modelo Phantom 4.

#### **4.2.2. GPS**

Para o levantamento dos pontos de controle em coordenadas geodésicas, foi utilizado o Receptor Trimble R4 RTK 72 canais, que rastreia em sua versão padrão, os sinais L1 e L2 nas constelações GPS e GLONASS, a precisão horizontal na ordem de  $3\text{mm} + 0,1\text{ppm}$  e vertical de  $3,5\text{mm} + 0,4\text{ppm}$ .

#### **4.2.3. Softwares**

Como software para planejamento de voo e controle em solo utilizou-se o DroneDeploy, ser um software gratuito e de fácil operação. Já para o processamento das imagens georeferenciadas foi utilizado a versão 1.4 do Agisoft PhotoScan, com licença por 30 dias.

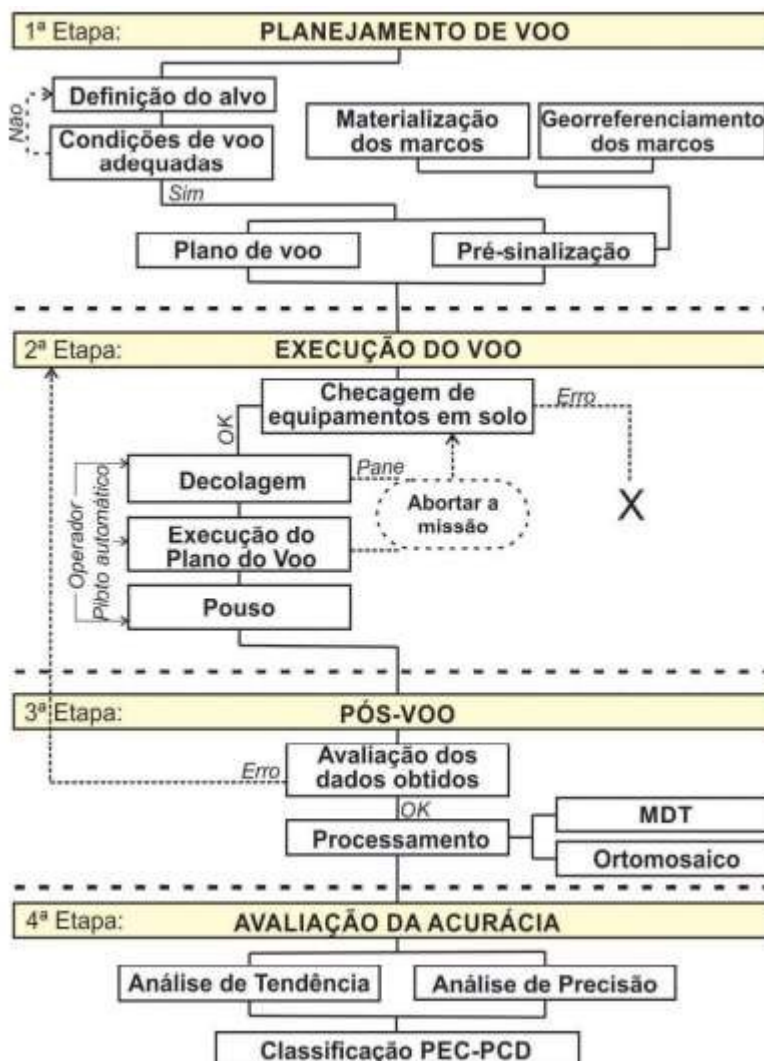
### **4.3. Métodos**

#### **4.3.1. Voos**

Antes de iniciar cada voo se faz necessário efetuar averiguação dos sistemas da aeronave para ter a segurança de que a aeronave está pronta. Ainda em solo é de extrema importância a análise das cargas das baterias para assegurar que elas estão carregadas, verificar se o ambiente de decolagem está livre de obstáculos, tais como fiações aérea, postes, vegetação, entre outros, permitindo assim a perfeita decolagem e pouso do equipamento.

Os voos foram realizados com alturas diferentes, para que possibilitasse a comparação entre si de qual seria o melhor método a ser aplicado. As alturas tomadas foram 50 m, 75 m, 100 m e 120 m.

A figura 4 detalha as etapas a serem tomadas para a realização de todo o trabalho, de acordo com SILVA et al, 2015.



**Figura 4** – Fluxograma da metodologia empregada para aquisição, processamento e avaliação dos dados obtidos pelo DRONE. Fonte: Adaptado de Silva et al. (2015).

#### 4.3.2. Planejamento das missões

No planejamento dos voos através do DroneDeploy foi calculado o tempo de voo, o número de imagens a ser capturadas, a resolução obtida de acordo com a altitude, como também foi configurado os parâmetros de porcentagem de sobreposição de imagens (Sidelap e Frontlap) de acordo com a recomendação bibliográfica. A Tabela 1 mostra as informações de cada voo:

**Tabela 1.** Parâmetros de missão de voo para as altitudes adotadas.

| Parâmetro                        | 50m    | 75 m   | 100m   | 120m   |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
|                                  | Medida | Medida | Medida | Medida |
| Tempo de voo estimado (minutos)  | 21:28  | 11:56  | 8:35   | 7:17   |
| Número de imagens                | 543    | 354    | 187    | 88     |
| Resolução da imagem (cm / pixel) | 2,1    | 3,2    | 4,3    | 7,1    |
| Altitude de voo (metros)         | 50     | 75     | 100    | 120    |
| Sidelap (%)                      | 65     | 65     | 65     | 65     |
| Frontlap (%)                     | 75     | 75     | 75     | 75     |

### **4.3.3. Metodologia empregada na coleta de dados em Campo**

#### **4.3.3.1. Pontos de apoio**

De acordo com ALMEIDA (2014) pontos de apoio são marcos artificiais ou naturais escolhidos no terreno, para que possam ser utilizados e identificados na imagem aérea. Devido ao número de pedras que o local apresentava optou-se, para marcação dos pontos, utilizar tinta branca nas mesmas para a sinalização, onde foram feitos “X” medindo 40cm x 40cm (Figura 5), sendo as coordenadas coletadas com receptor GNSS cada ponto marcado.



**Figura 5** – marcação dos pontos de apoio.

No total foram marcados e georreferenciados 12 pontos de controle na área, a Tabela 2 mostra os dados obtidos.



**Tabela 2.** Tabela com coordenadas dos pontos de apoio.

| ID  | Long X (m) | Lat Y (m)   | Elevação (m) |
|-----|------------|-------------|--------------|
| E01 | 171600,978 | 9195479,455 | 477,821      |
| E02 | 171612,151 | 9195419,875 | 477,665      |
| E03 | 171541,979 | 9195524,496 | 476,362      |
| E04 | 171521,010 | 9195451,365 | 469,843      |
| E05 | 171569,351 | 9195354,032 | 470,406      |
| E06 | 171485,251 | 9195406,036 | 471,027      |
| E07 | 171425,477 | 9195489,257 | 471,090      |
| E08 | 171371,220 | 9195469,650 | 474,341      |
| E09 | 171332,732 | 9195560,585 | 474,724      |
| E10 | 171253,873 | 9195565,155 | 475,356      |
| E11 | 171244,387 | 9195523,706 | 473,728      |
| E12 | 171102,478 | 9195662,821 | 475,128      |

#### 4.3.4. Metodologia empregada no tratamento dos dados de campo

Após as coletas de campo, as imagens gravadas no cartão de memória no drone são descarregadas no computador onde são processadas passando por várias etapas até a obtenção do produto final. O processamento das imagens foi realizado no software Agisoft PhotoSca, (versão demo), no qual criou-se um arquivo para que haja o recebimento das imagens e dos dados do GPS.

A primeira etapa do processamento consiste no alinhamento das imagens, no qual o Agisoft PhotoScan busca semelhanças entre as imagens, encontrando a posição e orientação da câmera e, conseqüentemente, constrói um modelo de nuvem de pontos esparsos. Nessa etapa, ainda pode-se remover imagens que apresentarem falhas ou erros em seu posicionamento. Essa etapa o software calcula os parâmetros, as posições dos pontos de controle e os parâmetros da rotação das imagens (SOUZA, 2015). Essa etapa foi utilizada para a verificação da localização e marcação dos pontos de controle, no qual utilizou-se a ferramenta *Filter Photos by Markes*, indicando o centro do alvo em todas as imagens que estava presente (SANTOS, 2016).

Na segunda etapa foi realizada a geração da nuvem densa de pontos 3D, com ela calculou-se a informação da profundidade de cada imagem que foram combinadas, tomando o cuidado com a filtragem dos pontos encontrados acima do solo, os quais foram eliminados para a geração do MDT (SANTOS, 2016).

Com a geração do MDT foi realizada a classificação de todos os pontos que estão ao nível do solo, eliminando-se os pontos classificados que não pertence ao terreno, nesse caso a vegetação.

Com o MDT, as curvas de nível foram geradas a cada 1 metro, sendo possível mensurar o volume e sua área correspondente, calculando-se consequentemente, o volume do reservatório estudado.

#### **4.3.5. Cálculo do volume do reservatório**

A área e o volume do açude Preto utilizados nesse trabalho obtidos através da estação total foram determinados por ALVES (2018), no qual quantificou uma área de 63.733,17 m<sup>2</sup> e um volume de 191.685,39 m<sup>3</sup>. Também foram utilizados os dados obtidos por Campos (2018), com auxílio do GPS geodésico, que quantificou uma área de 70.199,17 m<sup>2</sup> e um volume de 191.973,51 m<sup>3</sup>.

Para determinação do volume utilizando-se o DRONE, foi gerado automaticamente após a obtenção do MDT e as curvas de nível. Esse volume obtido foi somado ao volume pré-existente no açude, pois havia uma lamina d'água no momento do voo, nesse momento foi realizada a leitura na régua existente para conversão em volume.

## 5. Resultados

### 5.1. Analise do levantamento

O relatório gerado pelo software Agisoft Photoscan disponibilizou os erros de posição para das coordenadas tridimensionais (X,Y,Z). Na Tabela 3 estão apresentados os erros obtidos com a altitude 100 e 120 m.

**Tabela 3** - Erros de posição para as altitudes 100 e 120m.

| Altitude de voo (m) | X error (cm) | Y error (cm) | Z error (cm) |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|
| 120                 | 46,1         | 22,8         | 72,6         |
| 100                 | 29,6         | 23,9         | 48,5         |

### 5.2. Estimativa do volume de agua

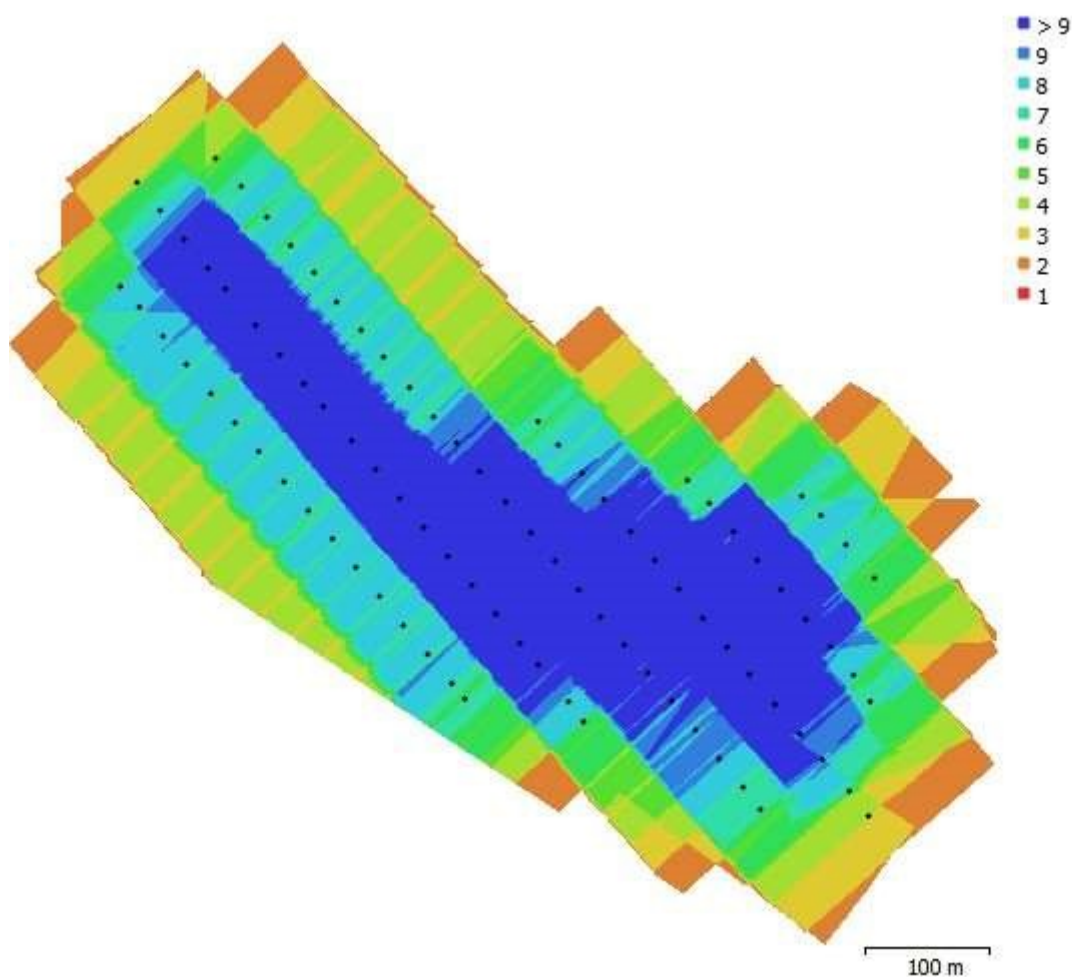
A quantidade de imagens capturadas nos voos de altitude de 50m e 75m não foi possível realizar as estimativas do volume, devido a quantidade de imagens a serem processadas, sendo avaliadas as imagens dos voos de 100m e 120m de altitude.

O ortomosaico obtido no voo de 120m de altitude resultou em uma resolução de 7,1cm/pixel, e um total de 88 imagens, porém houve dificuldade para identificar os pontos de controle demarcados no chão, conforme mostra a figura 6.



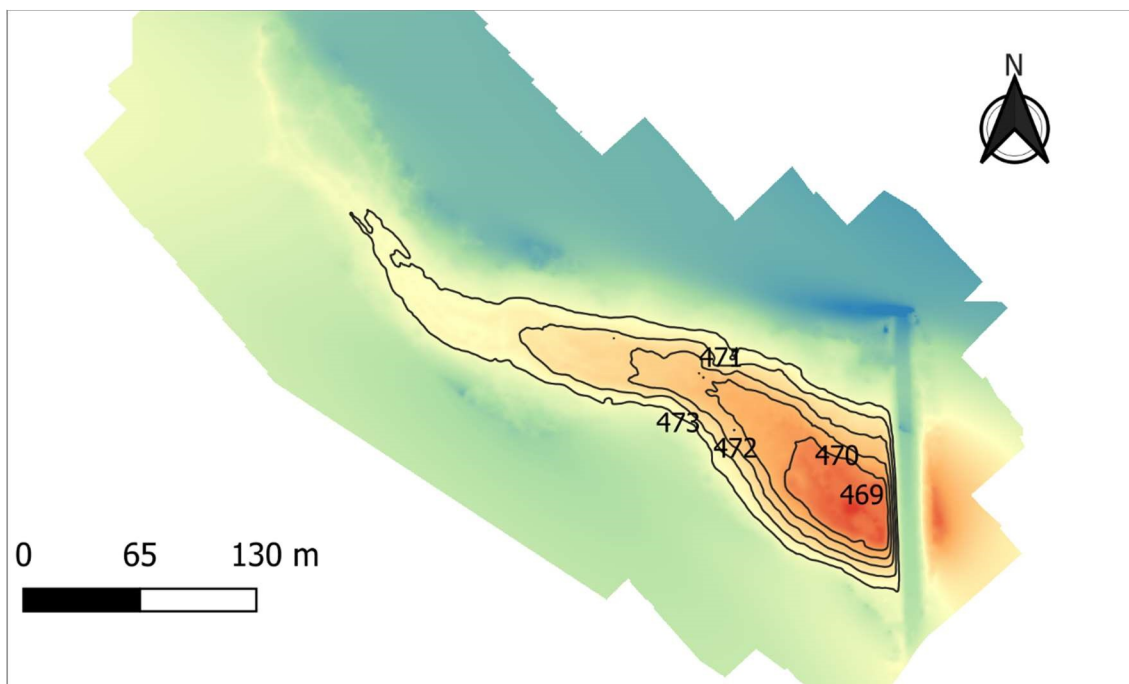
**Figura 6** . Identificação de pontos de controle

Segundo SANTOS (2016), quanto maior a sobreposição de fotos em uma mesma área, melhor a criação do MDT. Na figura 7, mostra as regiões de maiores sobreposições de imagens no voo de 120m, com escala de 1 a maior que 9, nas cores vermelho e azul respectivamente.

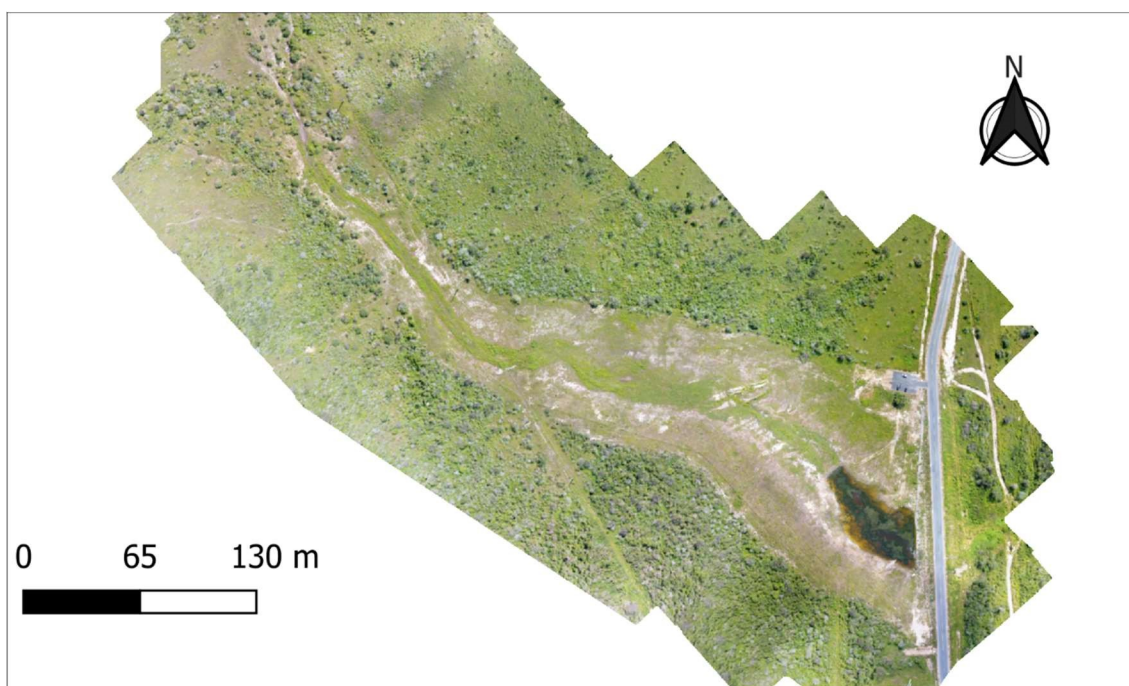


**Figura 7** - Mapa de sobreposição de imagens no voo de 120m.

Apesar da dificuldade em realizar a correção de posicionamento foi possível realizar o produto final, como mostra a figura 8 e 9.



**Figura 8** – Modelo Digital do Terreno (MDT) gerado com voo de 120m de altitude.



**Figura 9**– Ortomosaico gerado após voo de 120m de altitude.

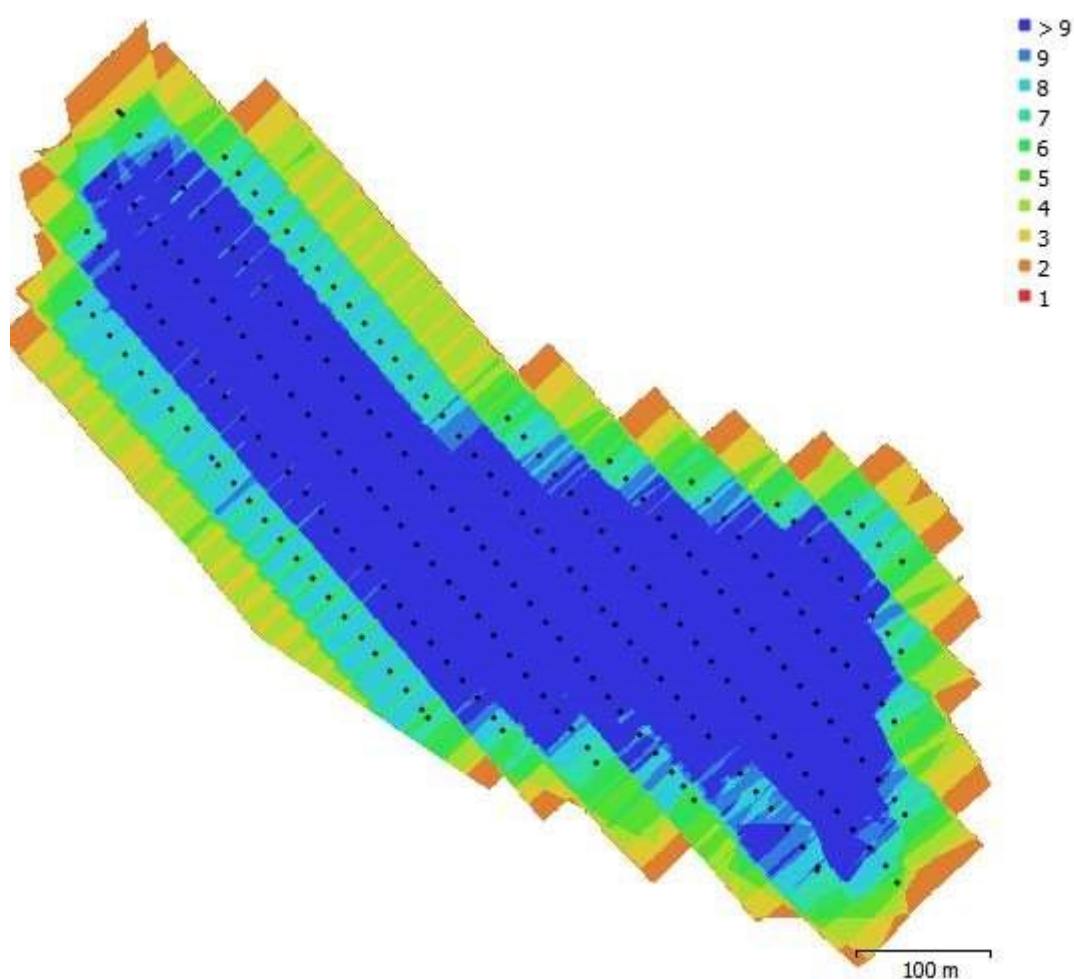
A partir do MDT foi gerado as curvas de elevação, onde através da função de mensuração do software foi possível calcular a área e volume da lamina d'água na altura do sangradouro. Sendo utilizada para isso, a cota do sangradouro obtida pelo DRONE de 476,501m, na altitude voo de 120 m, que apresentou um erro em relação à cota obtida por

Alves (2018) e Campos (2018) de 475,65 m, obtendo o cálculo de área e volume de acordo com a Tabela 4.

**Tabela 4** - Resultados obtidos no voo de 120m de altitude.

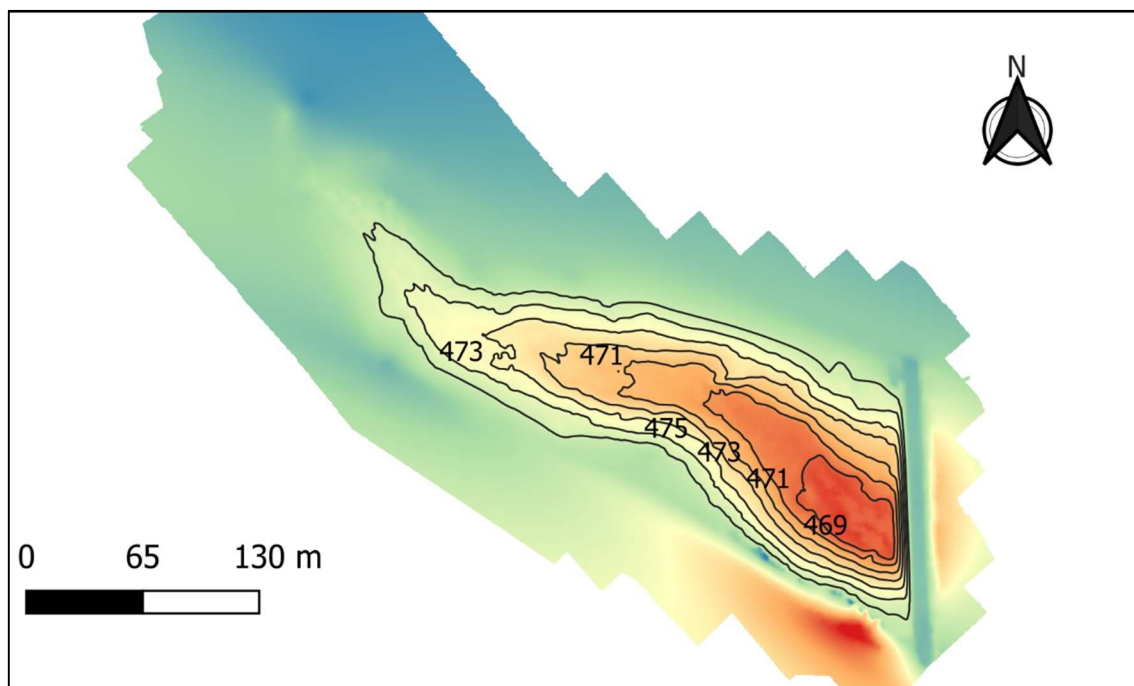
| Dados                         | Medidas     |
|-------------------------------|-------------|
| <b>Cota (m)</b>               | 476,501     |
| <b>Área (m<sup>2</sup>)</b>   | 70.552,761  |
| <b>Volume (m<sup>3</sup>)</b> | 180.024,119 |

Já no voo de 100 m de altitude com um a resolução de 4,3 cm/pixel, não houve dificuldade na localização dos pontos de controle, porem com um número total de 187 imagens, mostrando na figura 10 as áreas de sobreposição obtida. A figura 11 e 12 mostra os resultados do MDT e o ortomosaico.

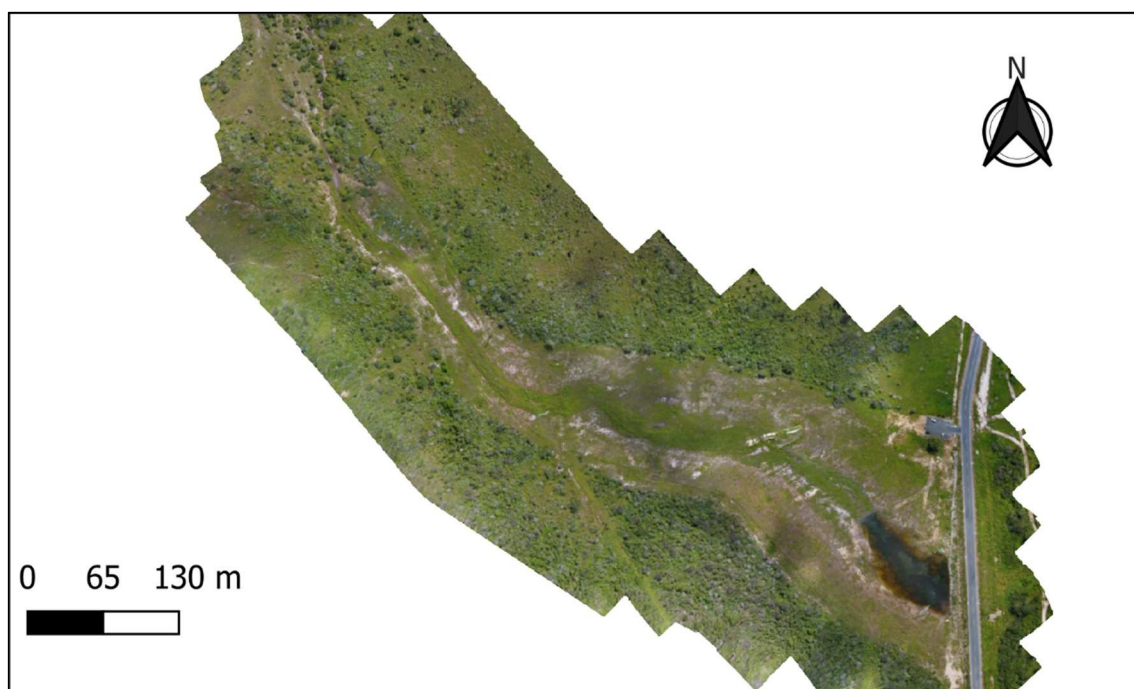


**Figura 10-** Mapa de sobreposição de imagens no voo de 100m





**Figura 11** – Modelo Digital do Terreno (MDT) gerado com voo de 100m de altitude.



**Figura 12** – Ortomosaico gerado após voo de 100m de altitude.

Nesse voo de 100m também foi observado um erro na cota do sangradouro, sendo a cota obtida 476,21m, obtendo o cálculo de área e volume de acordo com a Tabela 5.

**Tabela 5** - Resultados obtidos no voo de 100 m de altitude.

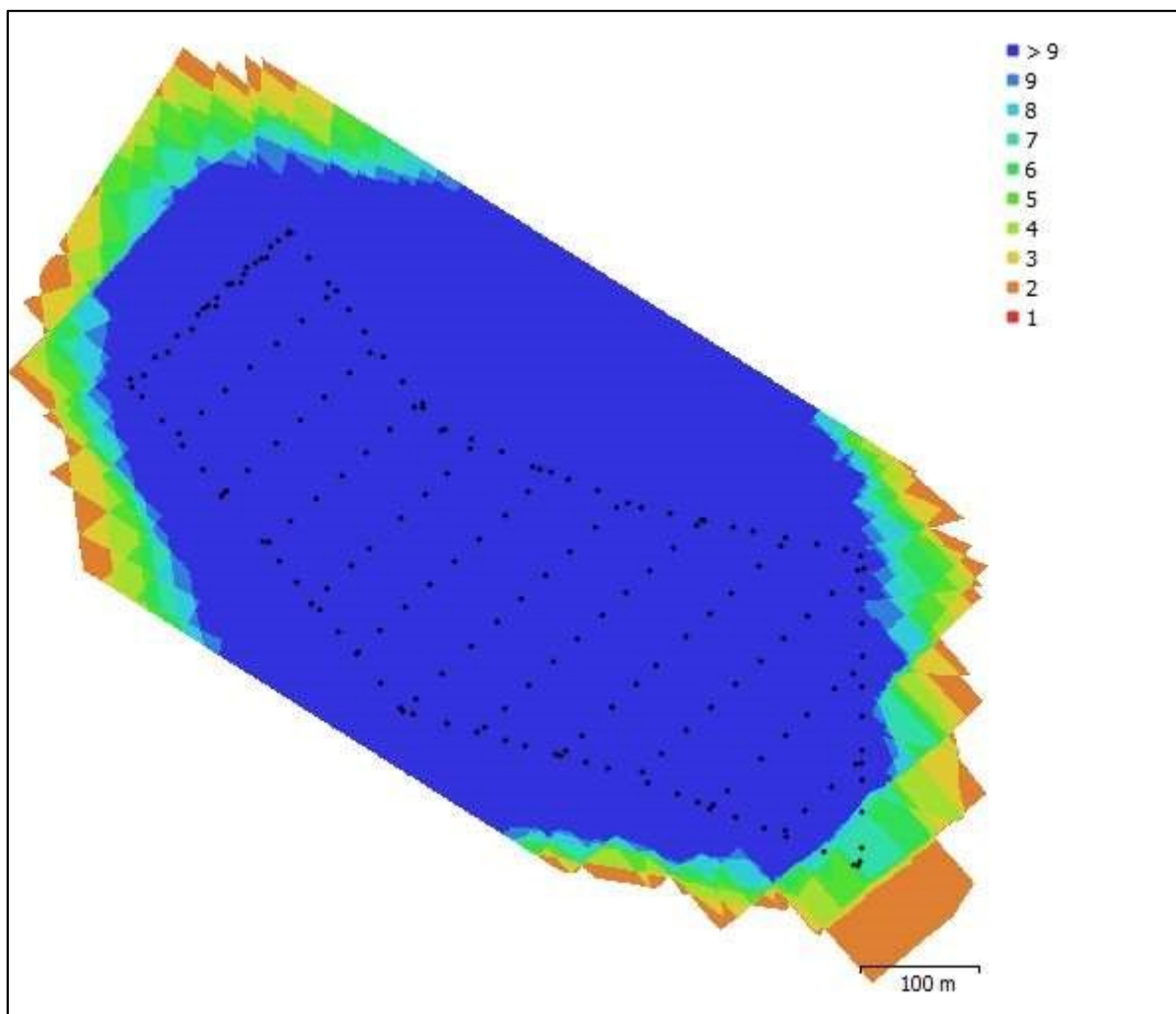
| Dados              | Medidas    |
|--------------------|------------|
| <b>Cota (m)</b>    | 476,21     |
| <b>Área (m²)</b>   | 66.376,50  |
| <b>Volume (m³)</b> | 209.376,50 |

Com o relatório dos erros apresentados pelo programa nos voos de 100m e 120m, e a diferença de cota do sangradouro realizou-se um segundo voo na altura de 100 m, mas utilizando uma nova ferramenta do software DroneDeploy *Structures Mode*, onde essa função melhora a qualidade da imagem em 3 dimensões (3D) inclui no voo da captura das imagens uma rota em torno de todo o perímetro demarcado no plano de voo, sendo em um ângulo diferente. Com isso foi obtido uma maior sobreposição de imagens como mostra a figura 13, consequentemente um maior detalhamento do terreno, com 236 imagens no total. Após o processamento e obtenção do MDT (figura 14), e o ortomosaico (figura 15), programa gerou um novo relatório de erros (Tabela 6) mostrando os erros médios do novo voo de 100m 3D, observando-se uma redução dos erros de 72,6 para 4,41 cm na elevação do terreno.

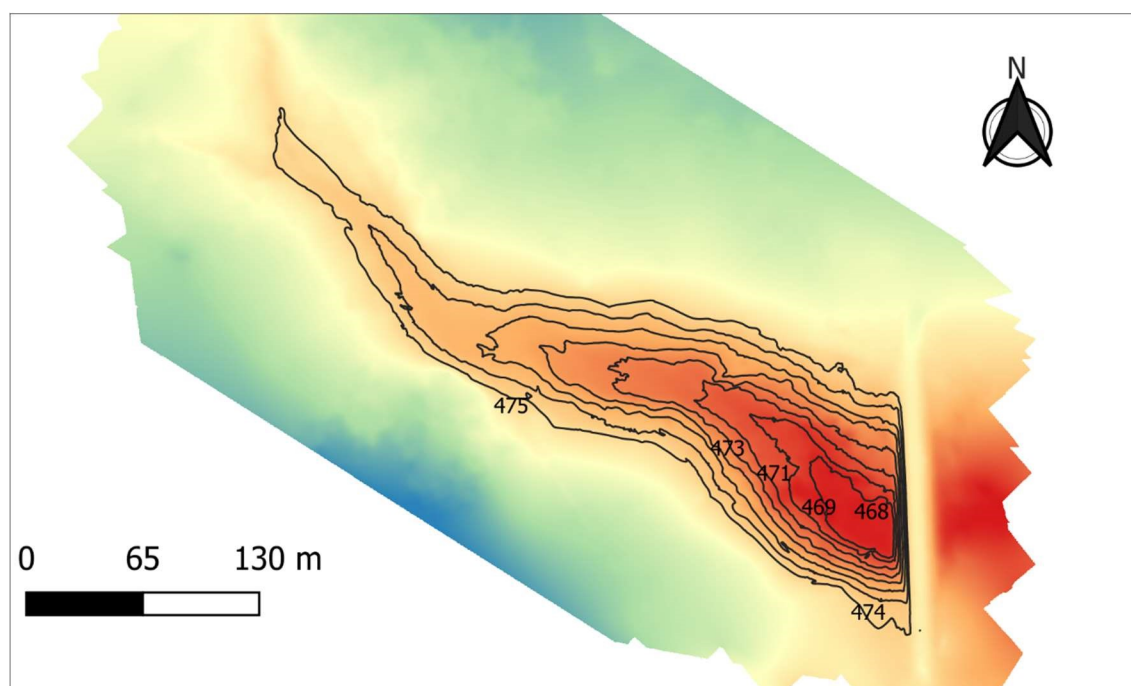
**Tabela 6** - Erros do novo voo de 100m 3D.

| Altitude de voo | X error (cm) | Y error (cm) | Z error (cm) |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| 100             | 3,91         | 5,57         | 4,41         |

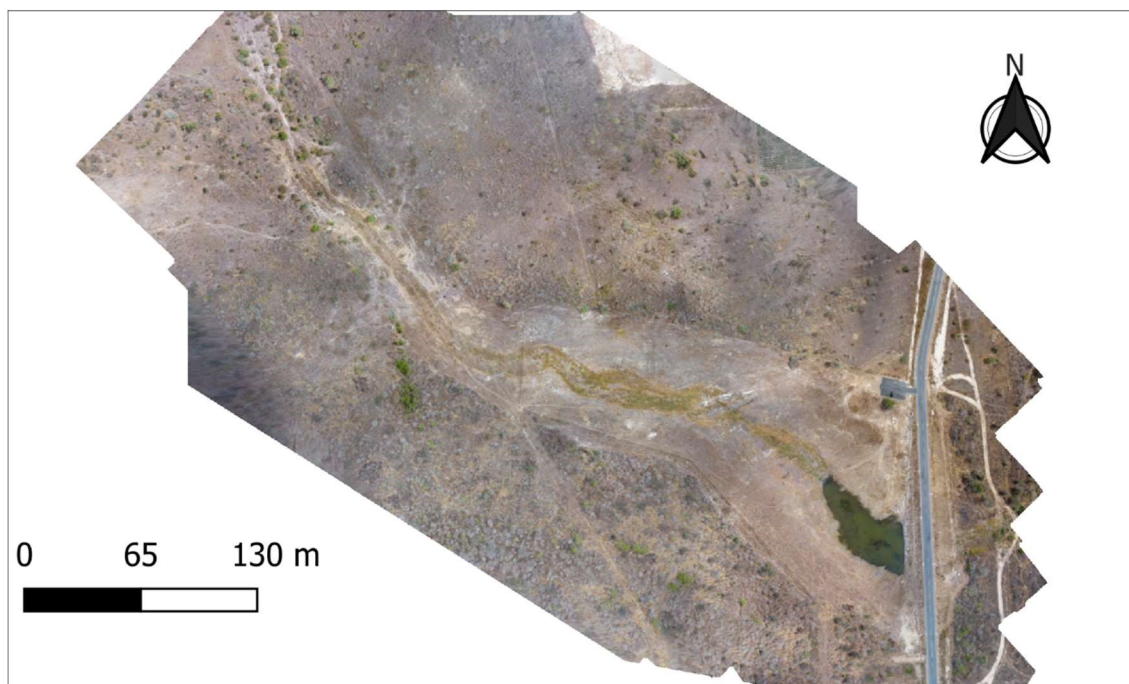




**Figura 13-** Mapa de sobreposição de imagens no voo de 100m 3D.



**Figura 14–** Modelo Digital do terreno gerado com voo de 100m 3D.



**Figura 15** – Ortomosaico gerado com voo de 100m 3D.

Após calcular a área e volume da lamina d'água na altura do sangradouro não houve erro na cota do sangradouro, onde foi obtida 475,65m, obtendo o cálculo de área e volume de acordo com a Tabela 7.

**Tabela 7** - resultados obtidos com novo voo de 100m 3D.

| Dados              | Medidas    |
|--------------------|------------|
| <b>Cota (m)</b>    | 475,65     |
| <b>Área (m²)</b>   | 67.510,60  |
| <b>Volume (m³)</b> | 192.023,74 |

### 5.3. Comparação de volume de água

A Tabela 8 mostra os resultados da Tabela Cota (m) Área (m²) e volume (m³) de acordo com as cotas, do método proposto e os métodos utilizados com o Sistema GNSS e Estação Total.

Com a análise comparativa entre os métodos, observou-se que a metodologia proposta pelo trabalho para o cálculo do volume em açudes secos, ao utilizar o DRONE, é um método viável, que além de diminuir o tempo de execução proporcionou um volume muito próximo dos obtidos pelo método tradicional. Desde que seja uma boa sobreposição de imagens, o erro de posicionamento das coordenadas tridimensionais.

**Tabela 8** - Análise comparativa da cota, área e volume do açude Preto.

| <b>Cota(m)</b> | <b>CAMPOS, 2018</b>   |                    | <b>ALVES, 2018</b>    |                    | <b>SOUZA, 2018</b>    |                    |
|----------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
|                | Área(m <sup>2</sup> ) | V(m <sup>3</sup> ) | Área(m <sup>2</sup> ) | V(m <sup>3</sup> ) | Área(m <sup>2</sup> ) | V(m <sup>3</sup> ) |
| <b>466,00</b>  | -                     | -                  | -                     | -                  | -                     | -                  |
| <b>467,00</b>  | 231,16                | 29,72              | 225,70                | 16,34              | -                     | -                  |
| <b>468,00</b>  | 2.284,37              | 1.319,13           | 2.243,02              | 1.241,22           | -                     | -                  |
| <b>469,00</b>  | 4.179,87              | 4.457,14           | 4.223,64              | 4.488,05           | 6975,5-               | -                  |
| <b>470,00</b>  | 9.199,57              | 11.030,03          | 9.239,27              | 11.279,61          | 8.525,00              | 9.485,24           |
| <b>471,00</b>  | 14.876,61             | 22.888,12          | 14.698,47             | 23.320,01          | 15.459,00             | 21.898,84          |
| <b>472,00</b>  | 22.537,17             | 41.565,90          | 21.985,04             | 41.926,71          | 22.899,30             | 41.065,64          |
| <b>473,00</b>  | 30.378,79             | 67.915,37          | 29.585,06             | 67.939,97          | 30.753,00             | 67.783,84          |
| <b>474,00</b>  | 41.519,74             | 103.875,23         | 40.456,47             | 103.059,66         | 42.090,80             | 103.800,54         |
| <b>475,00</b>  | 54.797,00             | 152.271,93         | 55.317,44             | 151.435,81         | 55.429,20             | 152.438,14         |
| <b>475,65</b>  | <b>70.199,17</b>      | <b>191.973,51</b>  | <b>63.733,17</b>      | <b>191.685,39</b>  | <b>67.510,60</b>      | <b>192.023,74</b>  |

## **6. Conclusão**

A evolução tecnológica proporciona uma diminuição do tempo para execução de um levantamento topográfico, além de proporcionar a aquisição de imagens com alta resolução espacial.

Ao comparar o volume do açude em estudo pelos métodos indicados na pesquisa, observou-se que a utilização do DRONE é vantajosa em relação aos demais, pois além de diminuir o tempo e custos para aquisição, pode-se não apenas calcular o volume de reservatórios pré-existentes, mas também utilizar para planejamento e monitoramento de novas áreas e reservatórios.

Com relação ao método avaliado, pode-se dizer que, ao realizar a comparação com Estação Total, Sistema GNSS na coleta dados para estimativa de volumes do açude Preto, inserido na Fazenda Experimental do Instituto Nacional do Semiárido, o método foi eficiente, portanto pode ser utilizado para cálculo de volume do açude, além disso é um método mais rápido e econômico.

## 7. Referências

- ALVES, Valeska Mendes. **CÁLCULO DO VOLUME DE ÁGUA DE RESERVATÓRIO UTILIZANDO ESTAÇÃO TOTAL**. Campina Grande – PB, 2018. 37p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande.
- BORGES, Alberto de Campos. **Topografia**: Volume 1. 2. ed. Editora Blucher, 2013. 191 p.
- CAMPOS, Tássio Rogério Borja. **ESTIMATIVA DE VOLUME DE ÁGUA EM AÇUDE RURAL UTILIZANDO GEOTECNOLOGIAS**. Areia – PB, 2018. 39p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba.
- CORSEUIL, C.W; ROBAINA, A.D. **Determinação altimétrica através do sistema de posicionamento global**. Mira, Santa Maria, v.33, n.5, p.673-8, 2003.
- FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, M. V. N.; LOCKS, C. J.; PAPA, D. A. **Estimativa do volume de madeira em pátios de estocagem de toras por meio de câmeras rgb instaladas em aeronaves remotamente pilotadas (ARP)**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2016.
- GRANDO, D. L.; LAND, V.; RHODEN, A. C.. **Levantamentos Topográficos – Estação Total x GPS RTK**. In: Simpósio De Agronomia E Tecnologia De Alimentos, 1., 2014, Itapiranga. Resumo... . Itapiranga: Agrotec, 2014, p. 1 - 5. Disponível em: <<http://faifaculdades.edu.br/eventos/AGROTEC/2014/1AGROTEC/arquivos/resumos/res21.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2018.
- LONGHITANO, George A. **VANTS PARA SENSORIAMENTO REMOTO: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-10012011-105505/>. Acesso no dia 19 de Setembro de 2015.
- LOURENÇO, João de Jesus Gomes Martins. **Etapas e Metodologias de Produção de Ortofotomapas Digitais**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Modelação Territorial Aplicados ao Ordenamento, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2017.
- McCormac, Jack C. **Topografia**. 5ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2015.
- MUNARETTO, Luiz Alberto Cocentino. **Vant e Drones: A Aeronautica ao Alcance de Todos**. Edição Independente. São José dos Campos, SP, 2015.
- ROQUE, Cassiano Garcia et al. **GEORREFERENCIAMENTO**. Revista de Ciências Agroambientais, Alta Floresta, v. 4, n. 1, p.87-102, nov. 2006. Disponível em: <[http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol4/10\\_artigo\\_v4\\_.pdf](http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol4/10_artigo_v4_.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2018.
- SANTOS, L.F.B. **Avaliação de modelo digital de terreno gerado através de vant em região do Pantanal**. 2016. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT.

SILVA, Arlan Tavares da et al. **Levantamento Topográfico com GPS Geodésico e Estação Total da Propriedade EMBRAPA Caprinos em Sobral-CE.** In: JEPEX, 5., 2009, Recife. Resumo... . Recife: Ufrpe, 2009. p. 1 - 3.

SILVA, Irineu da; SEGANTINE, Paulo C. L. **Topografia para Engenharia.** 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

SILVEIRA, L.C. **Fundamentos de topografia.** Criciúma: Escola Brasileira de Agrimensura, Curso Técnico de Agrimensura a Distância, 2000. p.381-502.

SOUZA, G. Análise de viabilidade do uso de Vant para mapeamentos topográfico e de cobertura e uso da terra. 2015. 94 f. Monografia. (Bacharel em Engenharia Cartográfica) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS.

TAYLOR E FRANCIS (2002). **Manual of Geospatial Science and Technology.** Chapter 10: GPS instrumentation issues. Grejner-Brzezinska, D. Editora: J. Bossler.

TRANQUILLA, J. M.; COLPITTS, B. G.; CARR, J. P. (1989). **Measurement of lowmultipath Antennas for Topex.** In: 5th INTERNATIONAL GEODETIC SYMPOSIUM ON SATELLITE POSITIONING. Las Cruces, New Mexico. P. 356-361